

# EMS per il demand response e la messa in isola di porzioni di rete della SPM del campus di Savona

[Giulio.ferro@edu.unige.it](mailto:Giulio.ferro@edu.unige.it) , [michela.robba@unige.it](mailto:michela.robba@unige.it)

[Mansueto.rossi@unige.it](mailto:Mansueto.rossi@unige.it)



# Sistemi di Gestione dell'Energia

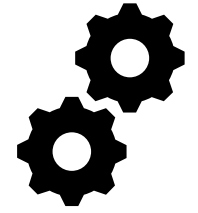
---

[GIULIO.FERRO@EDU.UNIGE.IT](mailto:GIULIO.FERRO@EDU.UNIGE.IT) , [MICHELA.ROBBA@UNIGE.IT](mailto:MICHELA.ROBBA@UNIGE.IT)

[MANSUETO.ROSSI@UNIGE.IT](mailto:MANSUETO.ROSSI@UNIGE.IT)



# Tipologie di EMS



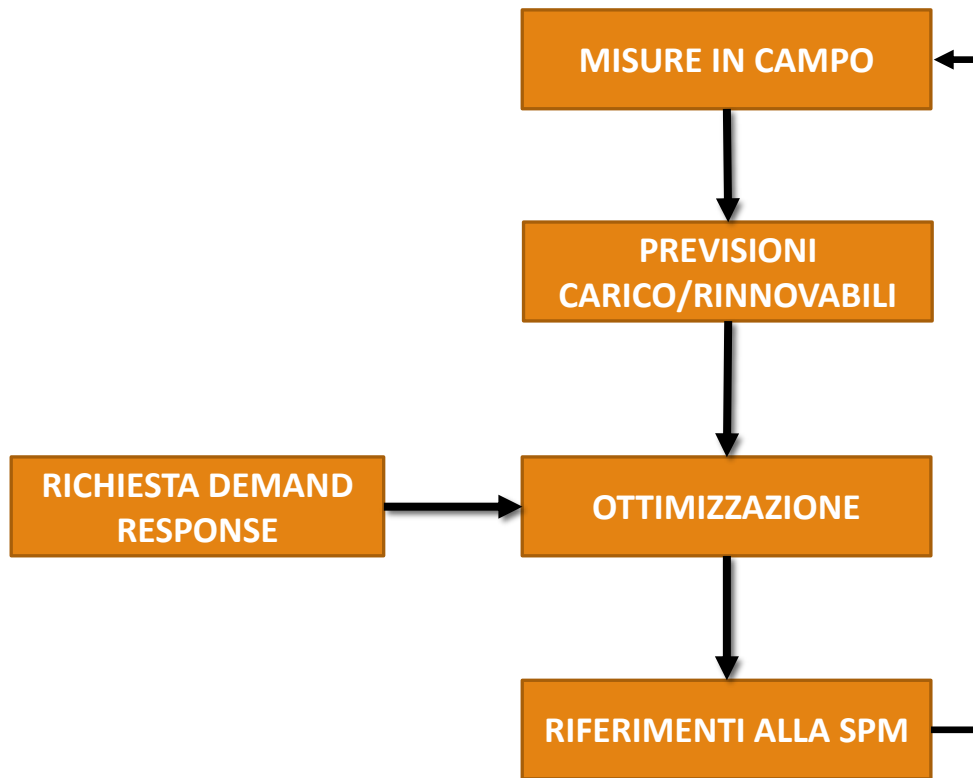
- 1. Gestione operativa ordinaria:** il sistema di gestione dell'energia schedula gli impianti e i sistemi di accumulo minimizzando i costi operativi.
- 2. Gestione operativa nel caso di demand response:** inserimento di vincoli di potenza attiva e reattiva imposti dal DSO
- 3. Gestione operativa nel caso di messa in isola:**
  - a) il SEB e il sistema di accumulo vengono messi in isola
  - b) il modello di ottimizzazione del punto 1) viene utilizzato per schedulare gli impianti rimanenti



Orizzonte temporale: 24h  
Interfaccia: Matlab/Yalmip  
Solutore: Baron



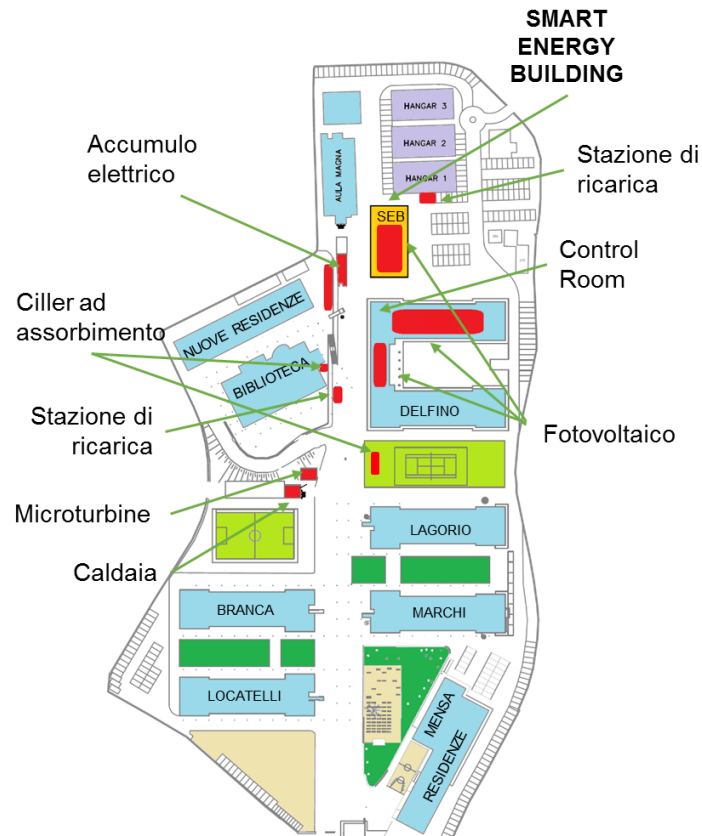
# Architettura



- L'interfacciamento con la piattaforma di ottimizzazione avviene attraverso un task schedulato eseguito ogni 15 minuti su un server dedicato.
- Il processo viene interrogato tramite un servizio REST.
- I dati in input (previsioni fonti rinnovabili, carichi e temperature esterne) vengono raccolti in un file Excel che viene aggiornato sul server.
- I dati in output, lo scheduling puntuale di ciascun impianto dispacciabile all'interno della microrete, per le 24 ore successive, vengono raccolti su un file Excel che viene aggiornato sul server.



# Sito Pilota: SPM



- 2 **Cogeneratori (CHP)**: potenza elettrica 65 kWe , potenza termica nominale 112 kW<sub>th</sub>;
- 3 **Impianti fotovoltaici (PV)**: potenza di picco 80 kWp (PV1) 15 kWp (PV2), e 21 kWp (PV3) ;
- 2 **Chiller** ad assorbimento;
- 1 **Accumulo elettrico** : batterie al sodio – nickel SoNik, energia nominale 141 kWh (ES);
- 2 **Stazioni di ricarica** per veicoli elettrici (EV);
- 1 **Caldaia a gas (B)**: 600 kW<sub>th</sub> nominali;
- 1 **Smart Energy Building (SEB)** .



# Modellazione componenti

**FUNZIONE OBIETTIVO**  
Min{Costi operazionali}



$$\min J = \sum_{t=0}^{T-1} \left\{ \sum_{i \in N} [C_t P_{grid,IN,t} - B_t P_{grid,OUT,t}] \Delta \right\}$$

**VINCOLI**  
s.t{Load flow, Modelli elettrici e termici degli impianti}



**TEMPERATURA SEB**

$$T_{bui,BMS,b,i,t+1} = T_{bui,BMS,b,i,t} + \left( \frac{T_{ext,t} - T_{bui,BMS,b,i,t}}{R_{bui,BMS,b,i}} + P_{th,FC,b,i,t} \right) \frac{\Delta}{C_{bui,BMS,b,i}}$$

**ACCUMULO ELETTRICO**



$$x_{k,i,t+1} = a_{k,i,t} x_{k,i,t} + \eta_{k,i,t} P_{S,k,i,t} \Delta$$

**MICROTURBINE**

$$P_{PE,h,i,t} = \mu_{h,t} P_{el,h,i,t}$$

$$P_{th,h,i,t} = \bar{\mu}_{h,t} P_{el,h,i,t}$$

$$P_{el,h,i,Min} \leq P_{el,h,i,t} \leq P_{el,h,i,Max}$$

**RETE TERMICA**

$$a_{\min} D_{heat,t} \leq \sum_{i \in N} \sum_{h \in H_{F,i}} P_{th,h,i,t} + P_{th,B,t} \leq a_{\max} D_{heat,t}$$

**LOAD FLOW**

$$p_{i,j,t} = G_{i,j} (v_{i,t})^2 - v_{i,t} v_{j,t} (G_{i,j} \cos(\delta_{i,t} - \delta_{j,t}) - B_{i,j} \sin(\delta_{i,t} - \delta_{j,t}))$$

$$q_{i,j,t} = B_{i,j} (v_{i,t})^2 - v_{i,t} v_{j,t} (B_{i,j} \cos(\delta_{i,t} - \delta_{j,t}) + G_{i,j} \sin(\delta_{i,t} - \delta_{j,t}))$$



# Applicazione al sito pilota

---



- **Caso I.** Minimizzazione dei costi al fine di rispondere ad un'esigenza di **demand response** relativa alla potenza acquistata dalla rete per un periodo pomeridiano.
- **Caso II.** Minimizzazione dei costi al fine di rispondere ad un'esigenza di **demand response** relativa alla potenza acquistata dalla rete per un periodo serale.
- **Caso III.** Minimizzazione dei costi durante la **messa in isola** di una porzione di SPM.

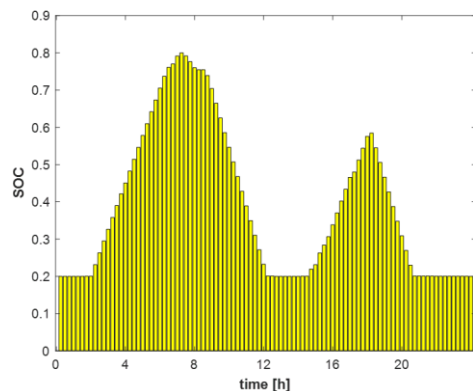
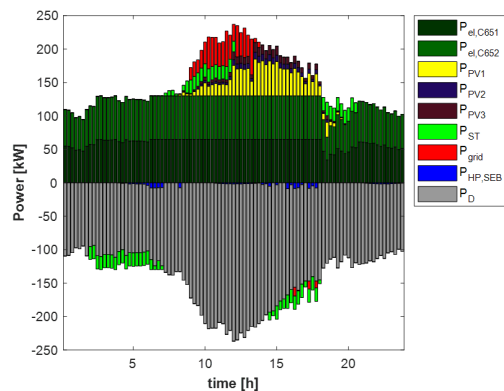


# Applicazione al sito pilota: Caso I

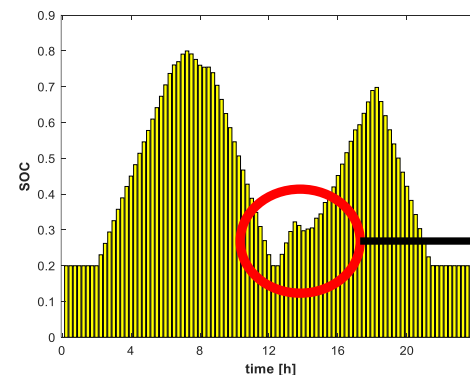
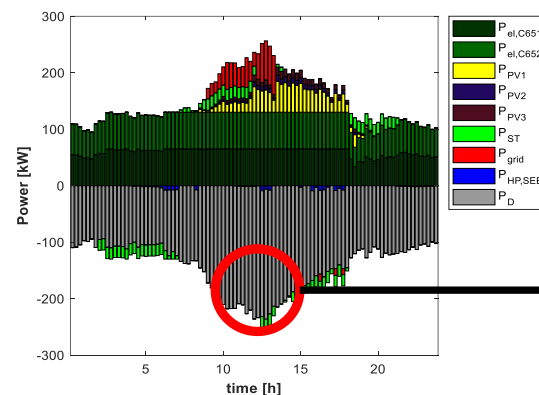


Vincolo di  $P_{GRID} = 70 \text{ kW}$  dalle 13:15 alle 14:15.

NORMAL  
OPERATION



DEMAND  
RESPONSE



CARICA DELLO STORAGE  
ANTICIPATA

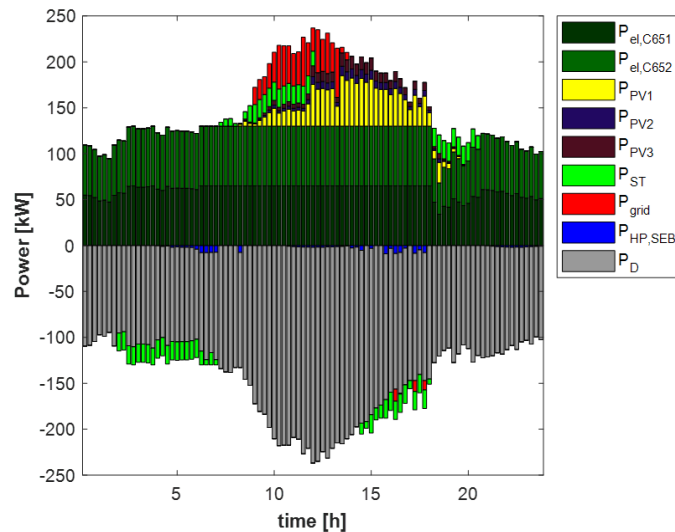


# Applicazione al sito pilota: Caso II

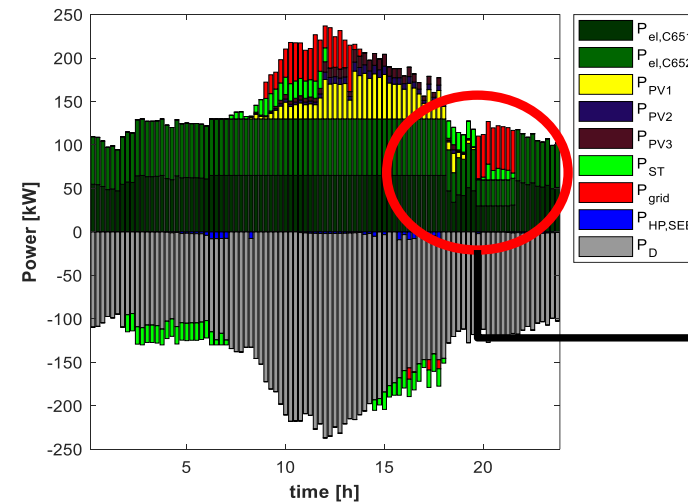


Vincolo di  $P_{GRID} = 50 \text{ kW}$  dalle ore 20:00 alle 22:00.

NORMAL  
OPERATION



DEMAND  
RESPONSE



RIDUZIONE POTENZA  
UNITÀ CHP  
AUMENTO DEI COSTI DI  
CIRCA 10 €



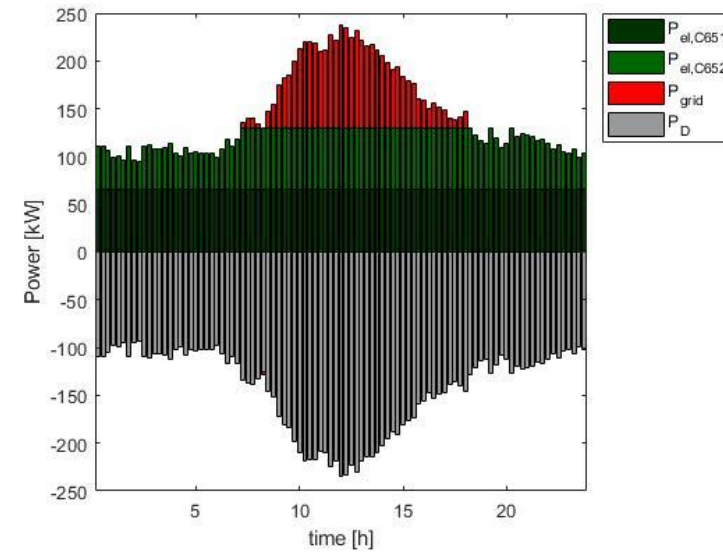
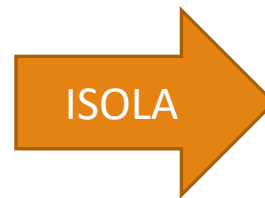
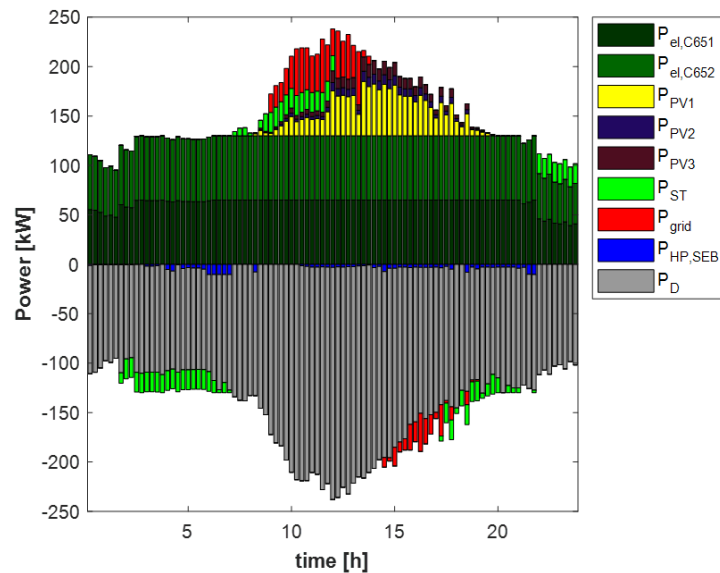
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA

# Applicazione al sito pilota: Caso III



Messa in isola di una porzione della microrete

NORMAL  
OPERATION



# Alcuni risultati dei test in campo

---

[GIULIO.FERRO@EDU.UNIGE.IT](mailto:GIULIO.FERRO@EDU.UNIGE.IT) , [MICHELA.ROBBA@UNIGE.IT](mailto:MICHELA.ROBBA@UNIGE.IT)

[MANSUETO.ROSSI@UNIGE.IT](mailto:MANSUETO.ROSSI@UNIGE.IT)

 Terna  
Rete Elettrica Nazionale

e-distribuzione

 ensiel  
ENERGIA E SISTEMI ELETTRICI

Cluster  Energia

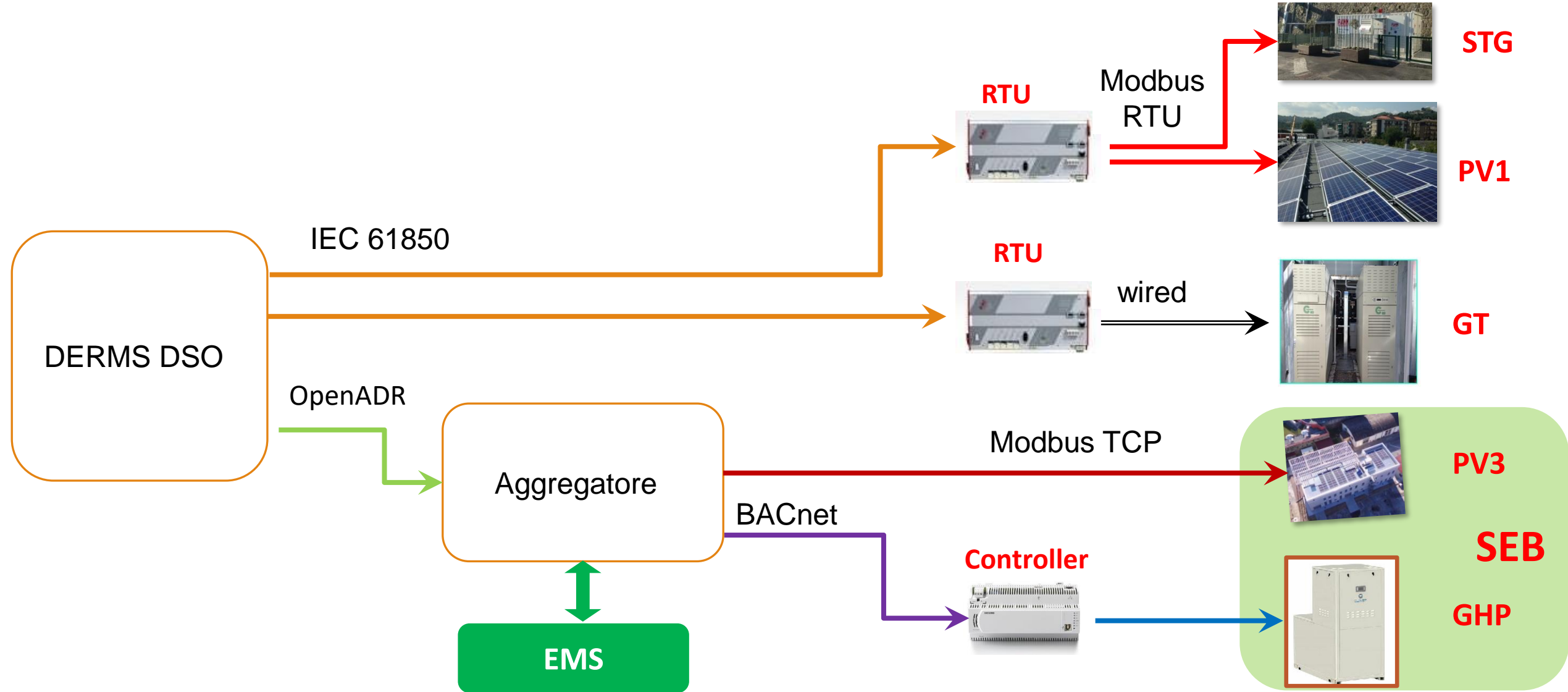
  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA

# Fasi attività sperimentale

- Maggio – Giugno 2020: preparazione del sito
- 27 al 30 luglio 2020: test di accettazione della piattaforma
- sperimentazioni vere e proprie:
  - 9/9/2020
  - 10/9/2020
  - 1/10/2020
  - 22/10/2020

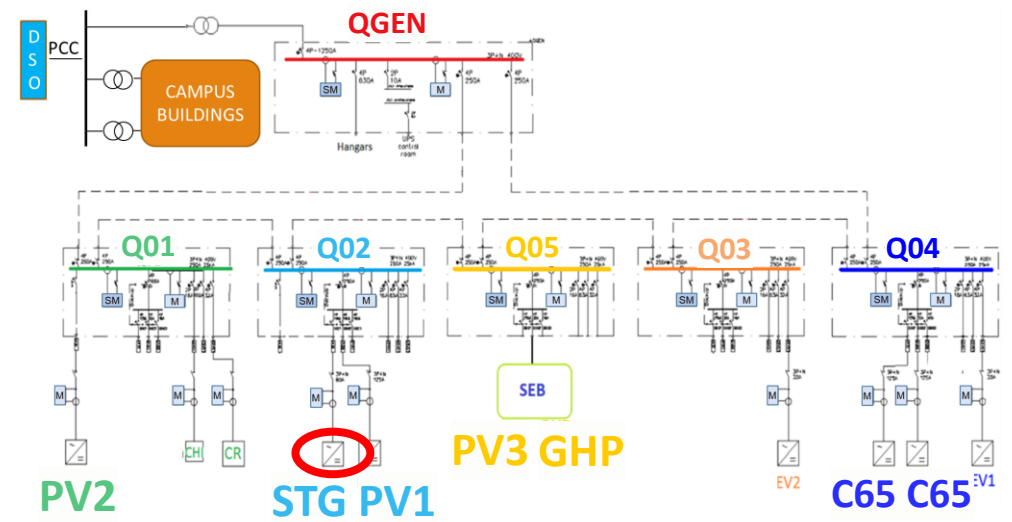
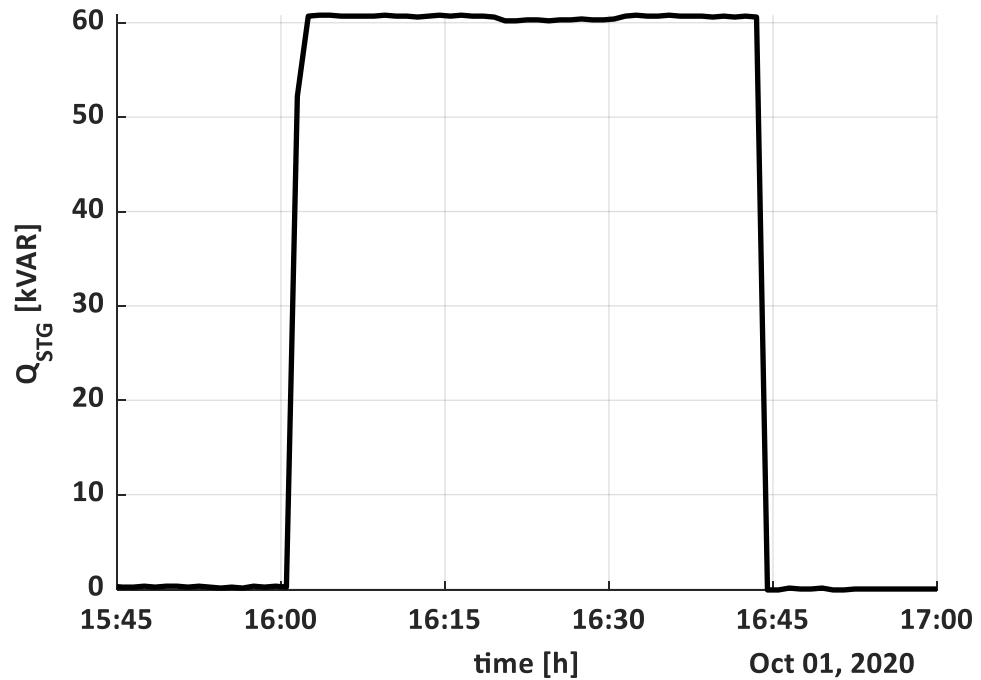
Nel seguito saranno riportati i risultati di alcune delle prove condotte, suddivise per scenari (Multi – POC, Single – POC, Isola)

# Multi-POC Scenario



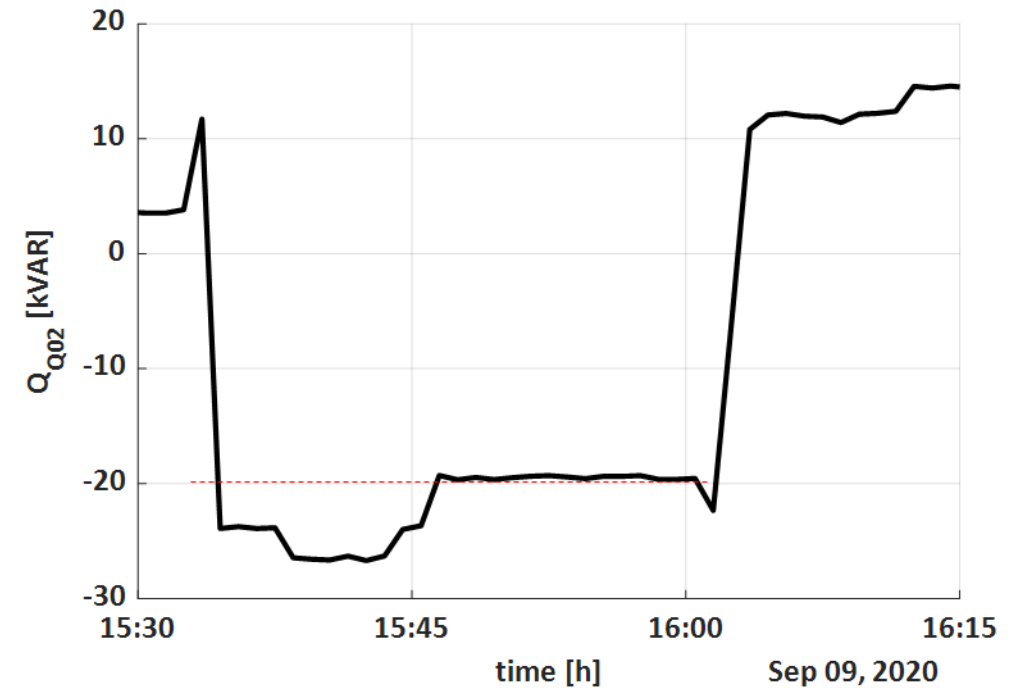
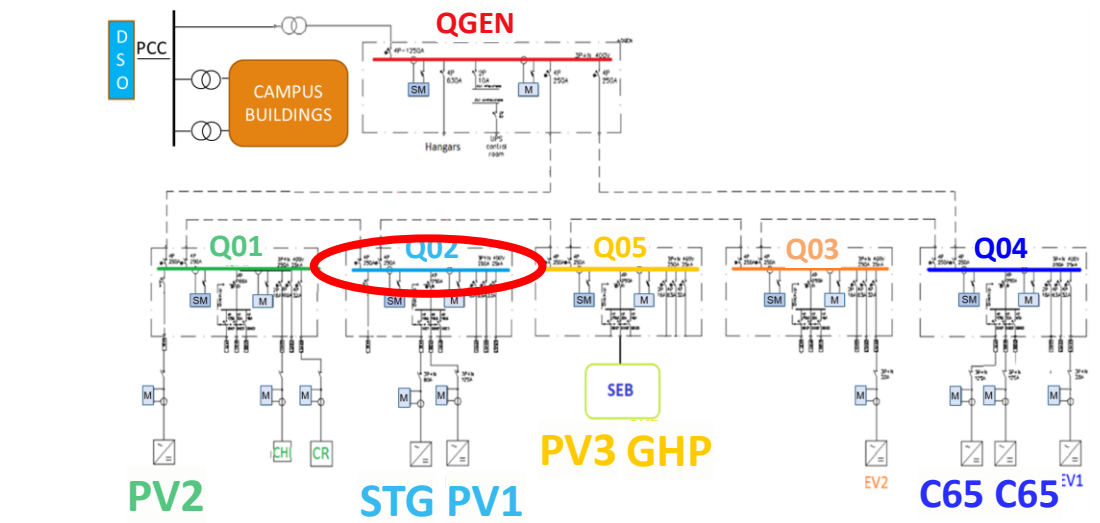
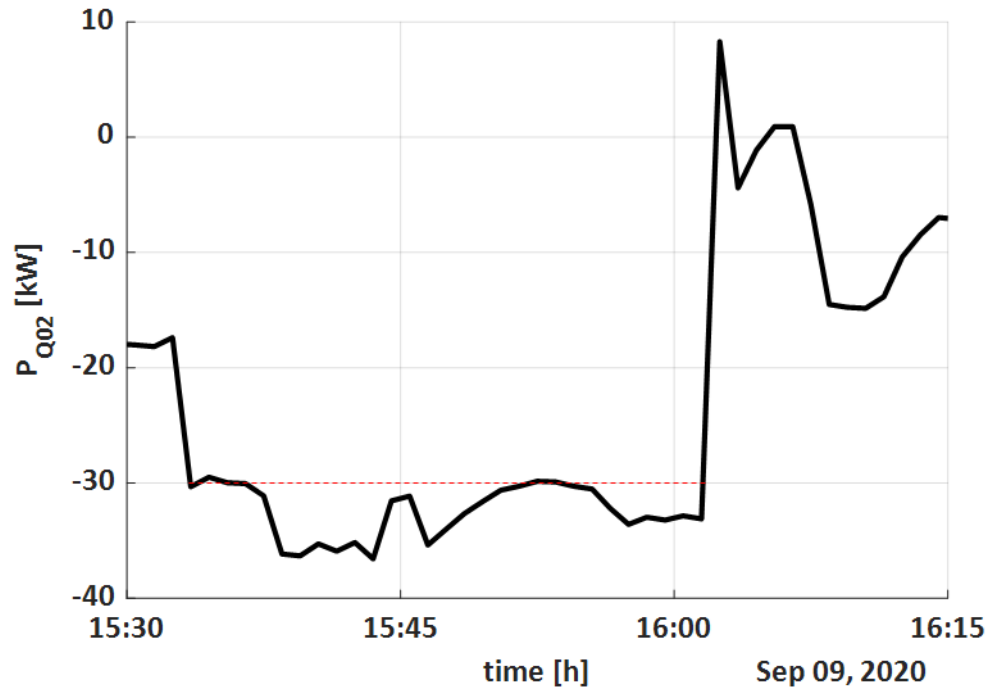
# Sistema di accumulo – regolazione potenza reattiva

- Iniezione di 60 kVAR richiesta al Sistema di accumulo, dalle 16:00 alle 16:45



## Q02 – Limiti sulla potenza attiva e reattiva

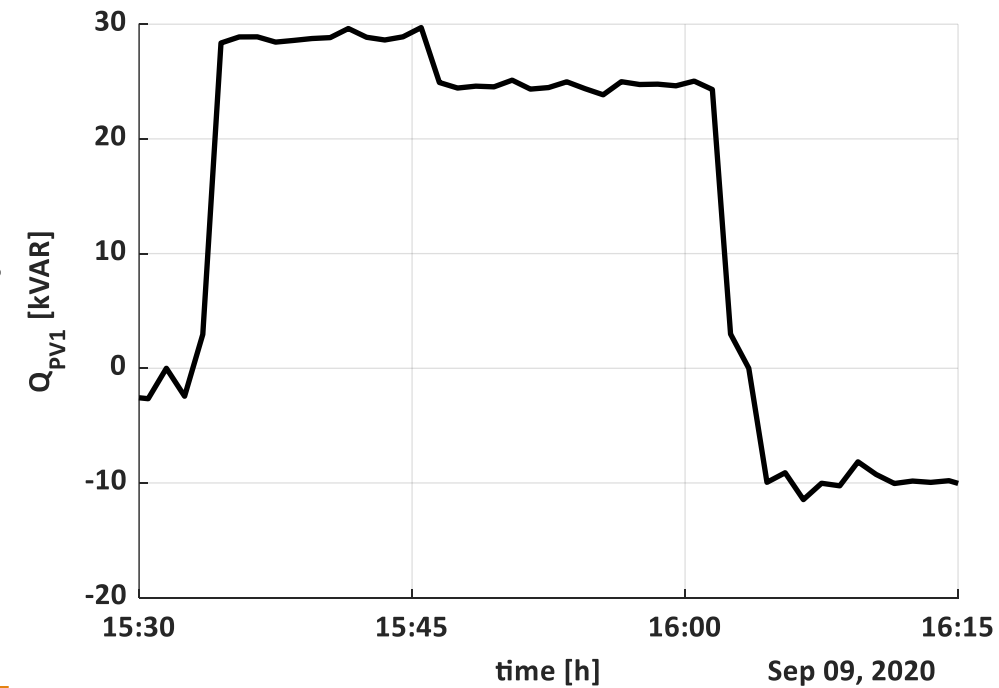
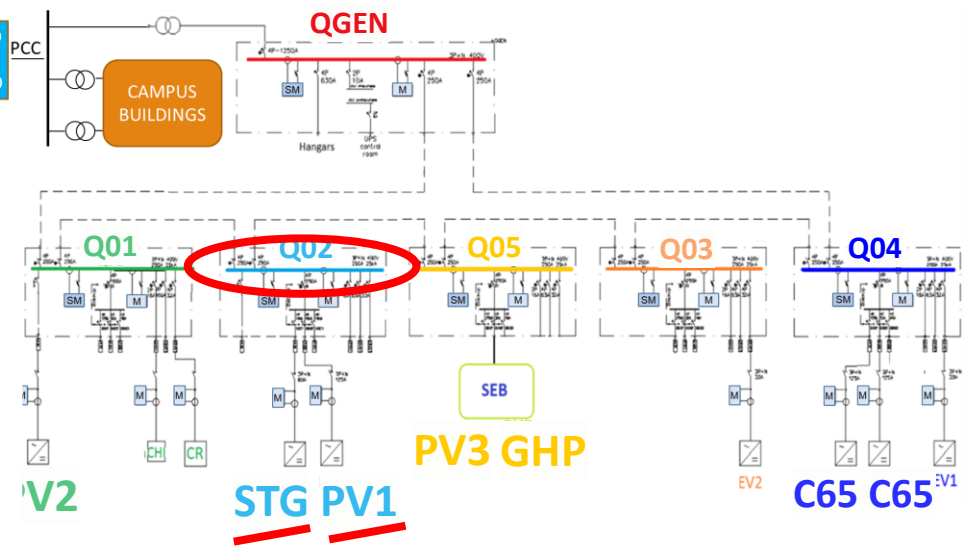
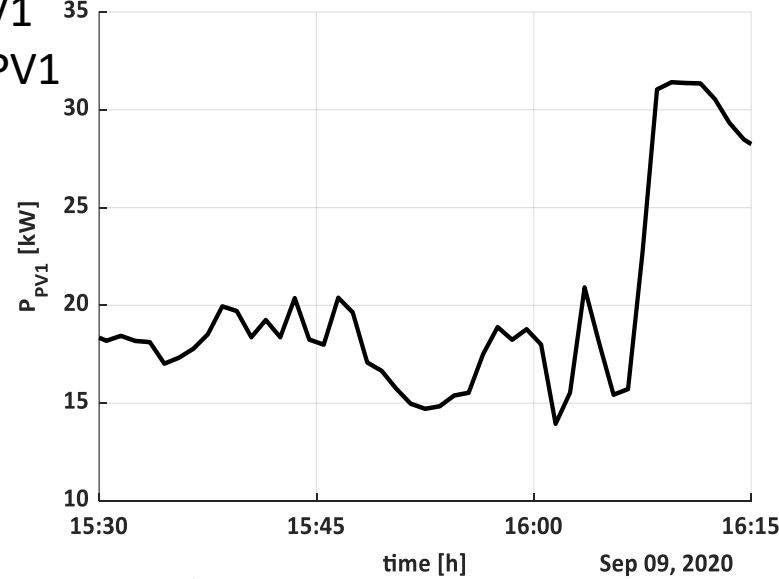
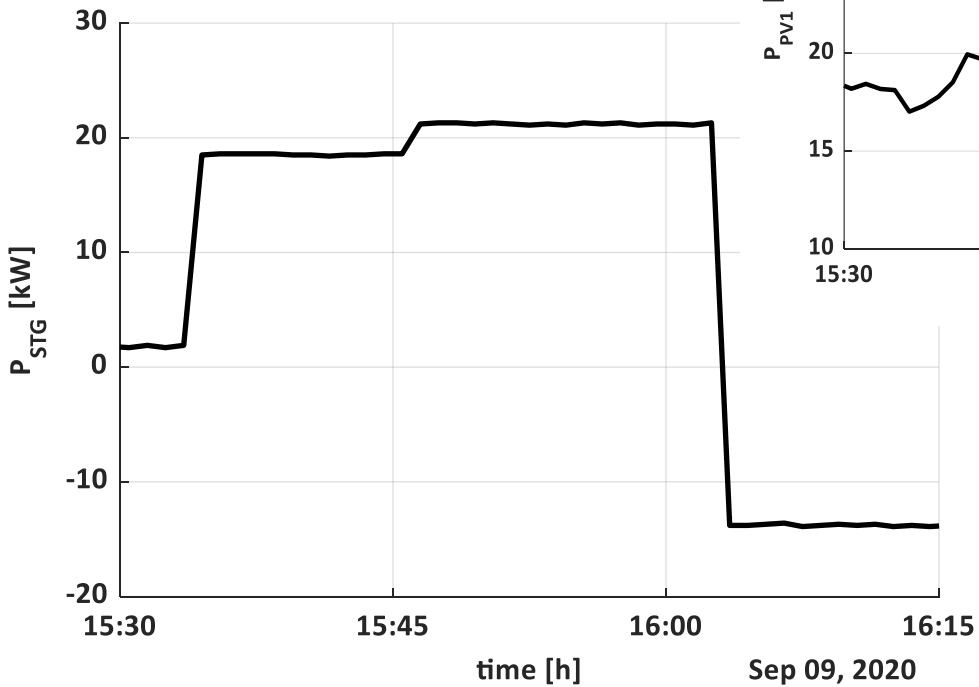
- Limiti sulla potenza attiva e reattiva (iniezione minima) tra le 15.30 e le 16.30 ca.
- per soddisfare la richiesta:
  - potenza iniettata da STG per compensare la scarsa produzione fotovoltaica da PV1
  - potenza reattiva iniettata da PV1



## Q02 – Limiti sulla Potenza attiva e reattiva

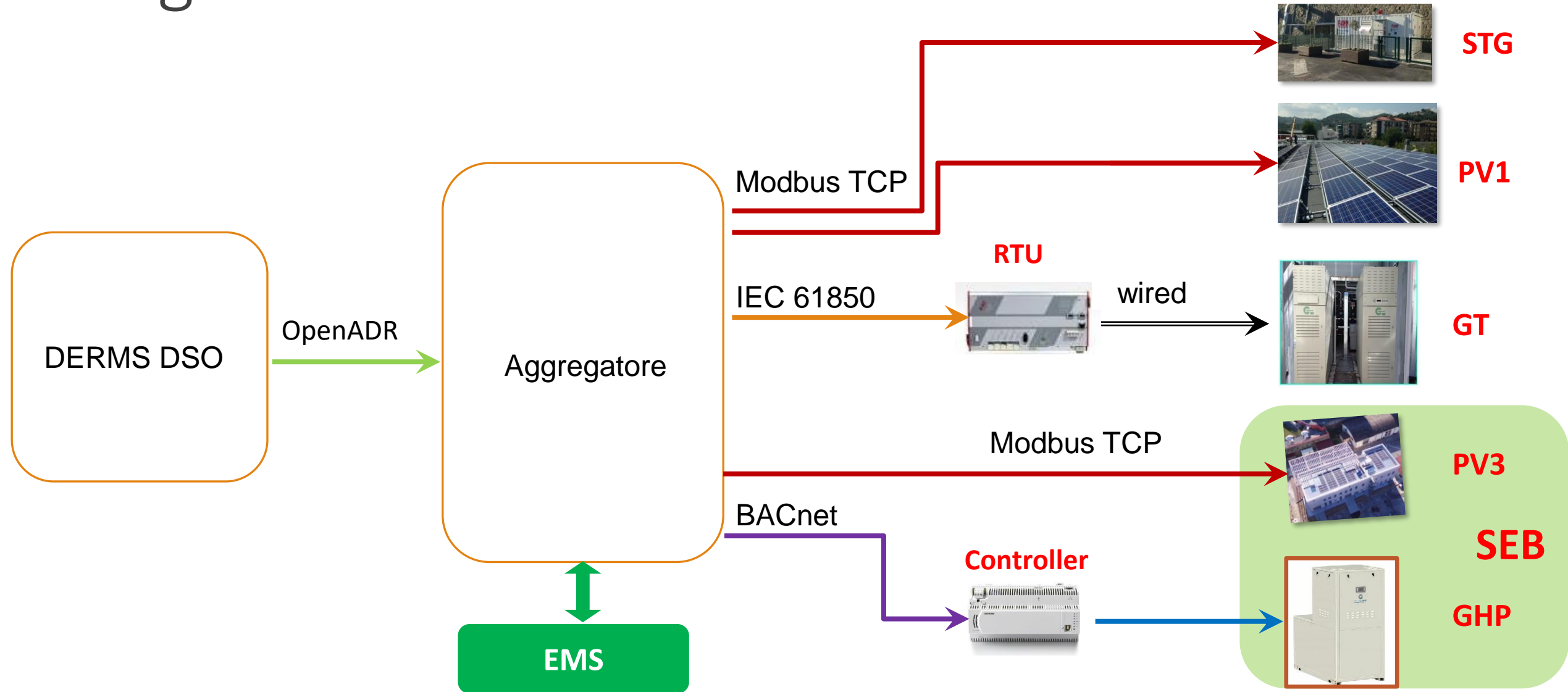
- Limiti sulla Potenza attiva e reattiva (iniezione minima) tra le 15.30 e le 16.30
- per soddisfare la richiesta:

- ➔ - potenza iniettata da STG per compensare la scarsa produzione fotovoltaica da PV1
- ➔ - potenza reattiva iniettata da PV1



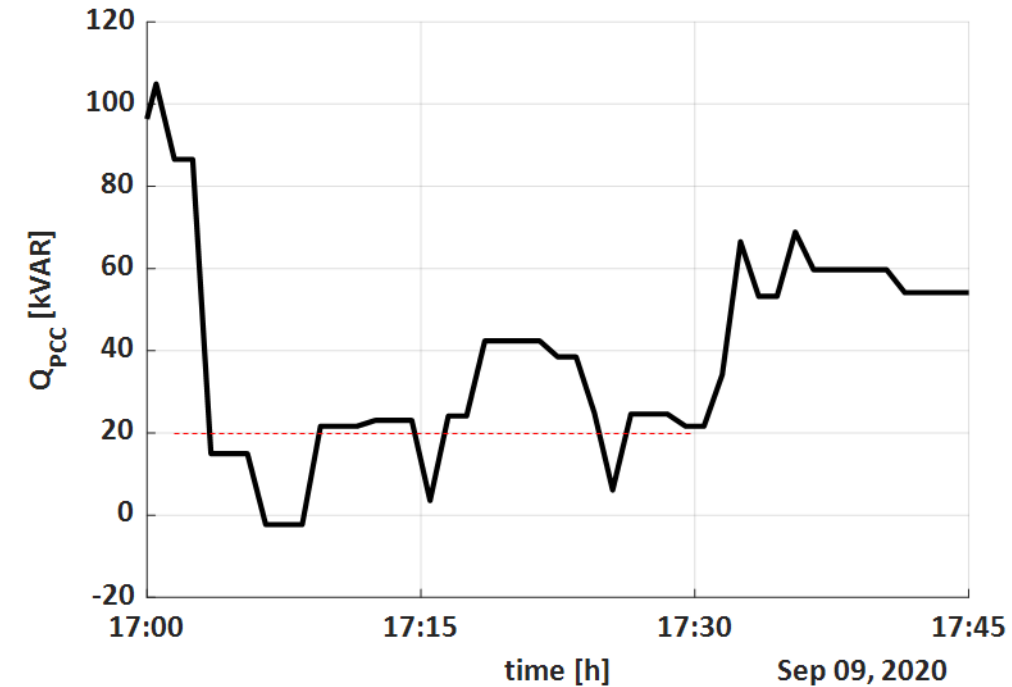
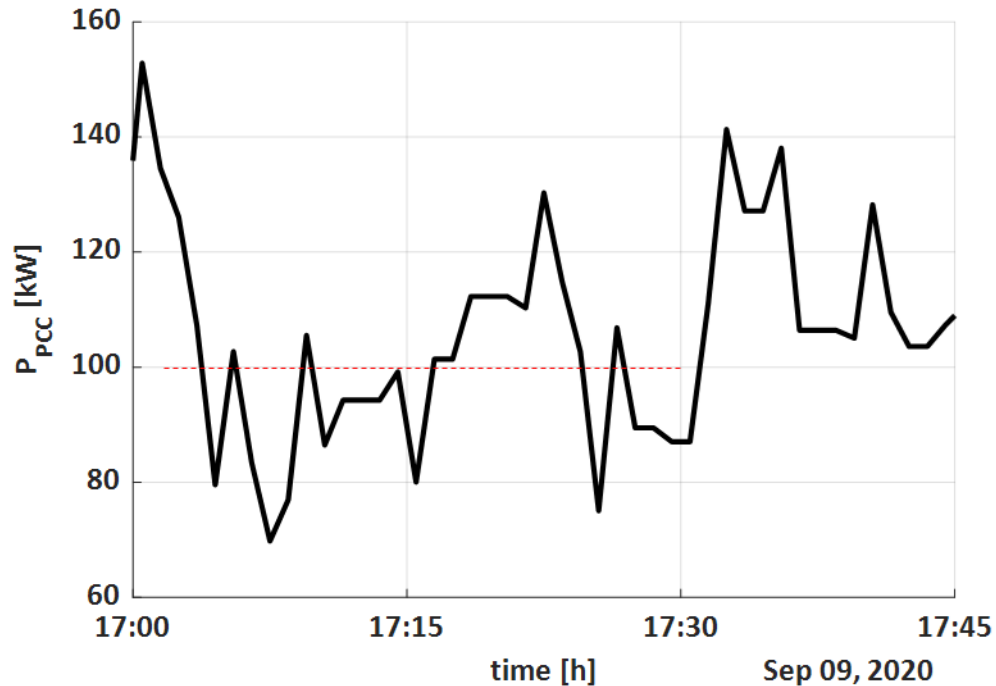
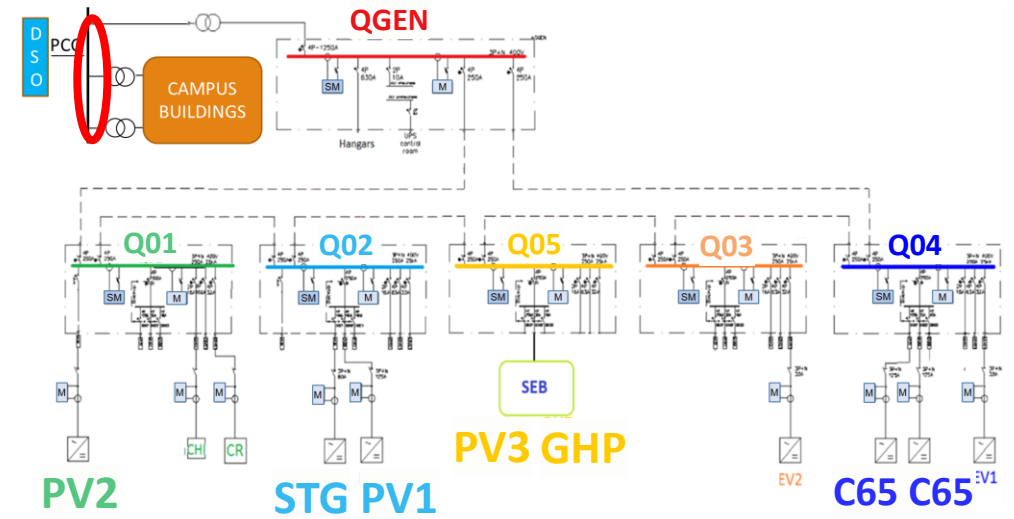


# Single –POC Scenario



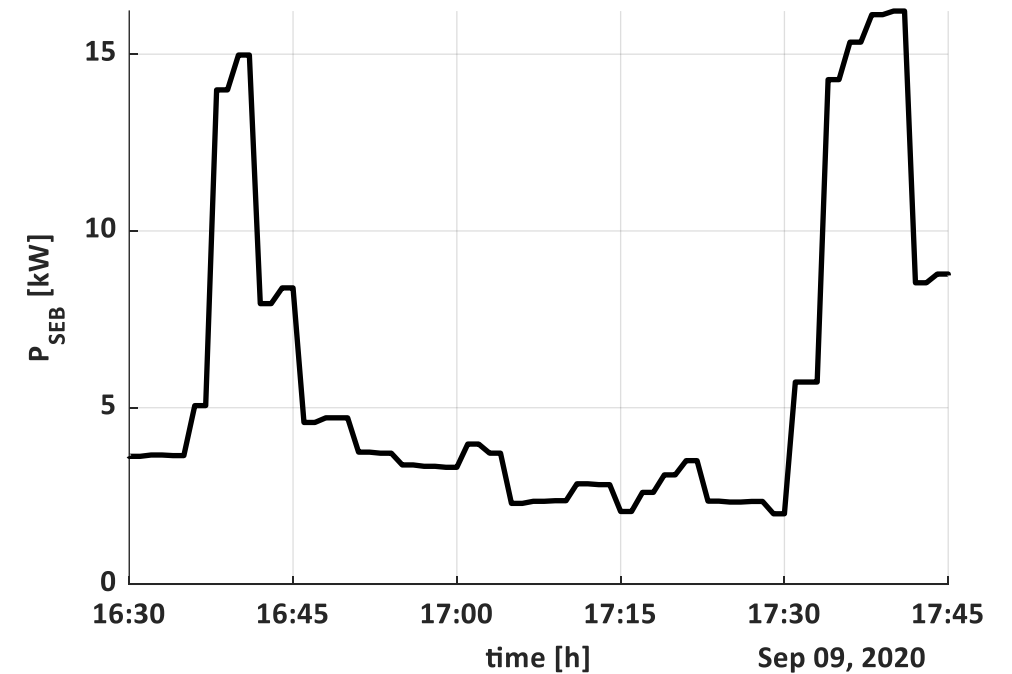
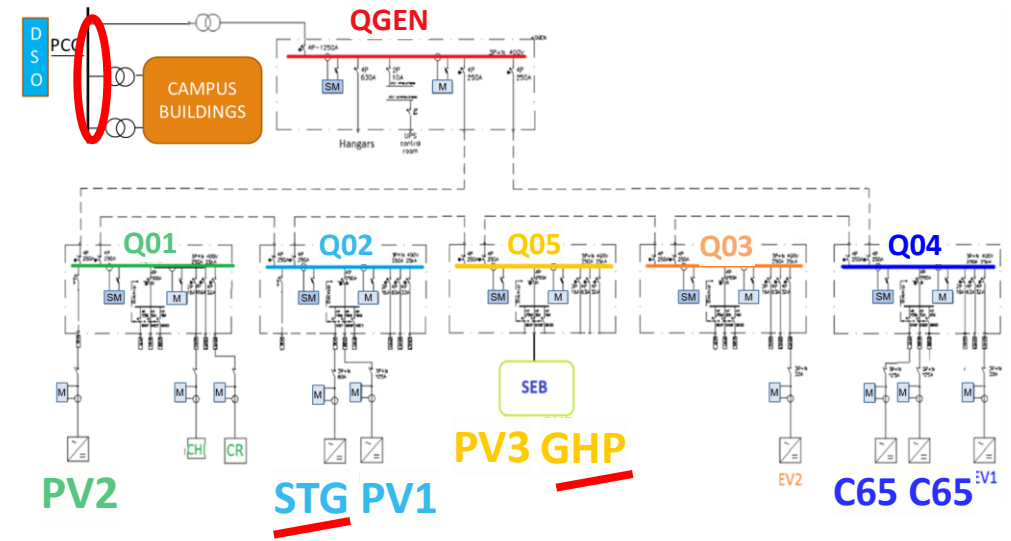
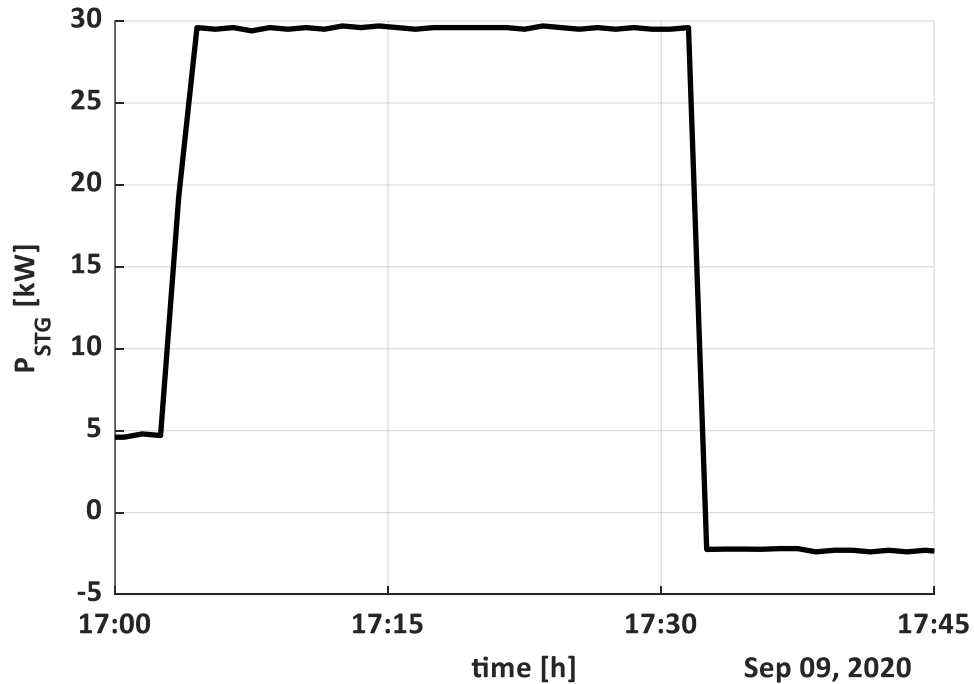
## PCC – Limiti su Potenza attiva e reattiva

- Limiti massimo assorbimento potenza attiva e reattiva specificati tra le 17.00 e le 17.30 ca
- per soddisfare le richieste:
  - Iniezione potenza attiva da STG
  - negato consenso accensione alla GHP del SEB
  - generazione potenza reattiva da PV1
  - generazione potenza reattiva da PV3



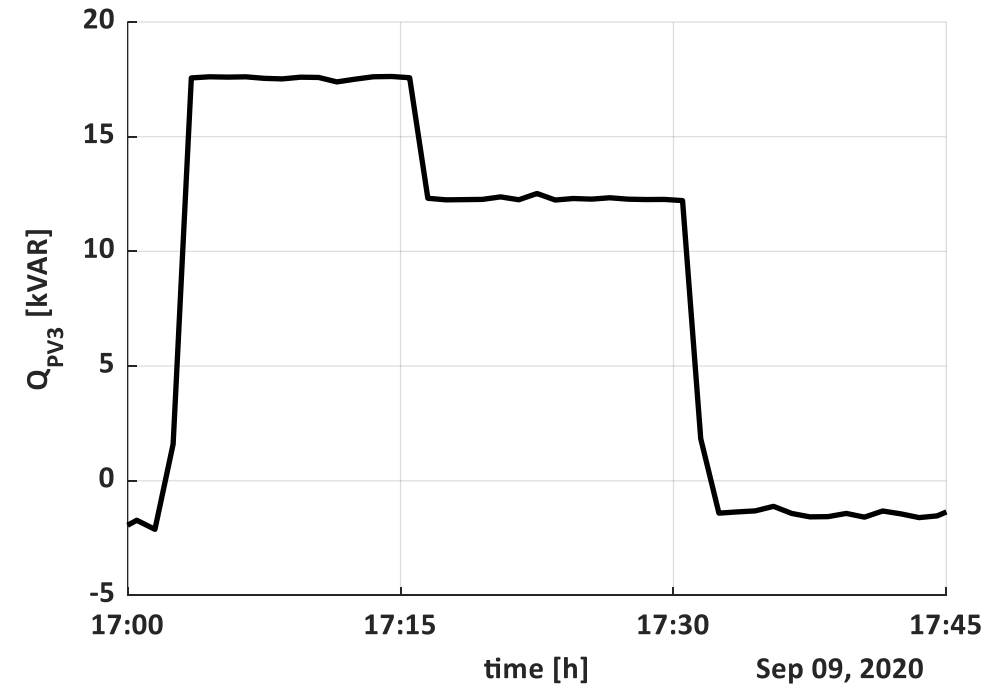
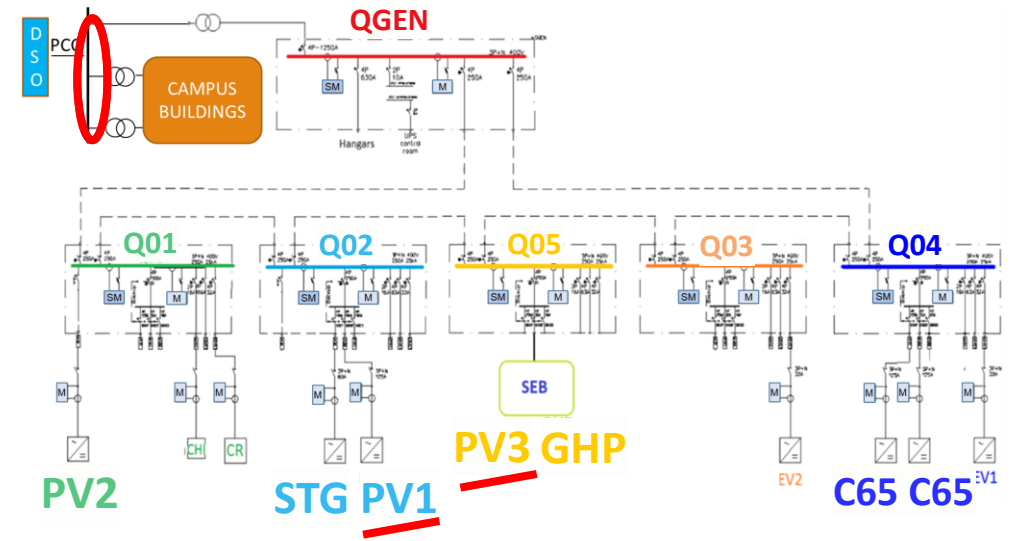
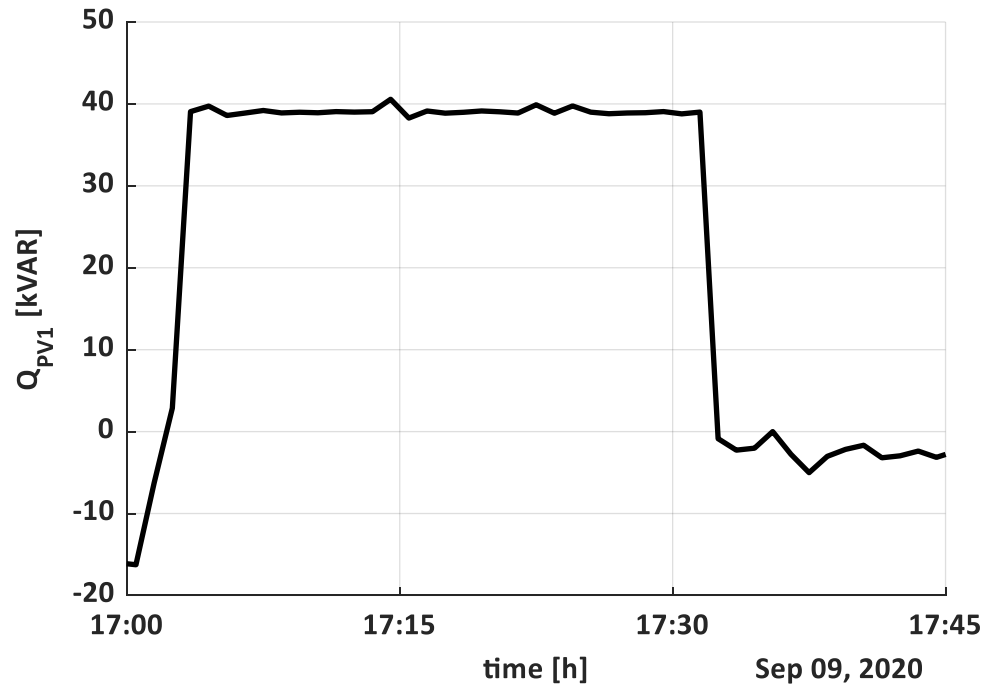
## PCC – Limiti su Potenza attiva e reattiva

- Limiti massimo assorbimento potenza attiva e reattiva specificati tra le 17.00 e le 17.30 ca
- per soddisfare le richieste:
  - ➔ - Iniezione potenza attiva da STG
  - ➔ - negato consenso accensione alla GHP del SEB
  - generazione potenza reattiva da PV1
  - generazione potenza reattiva da PV3



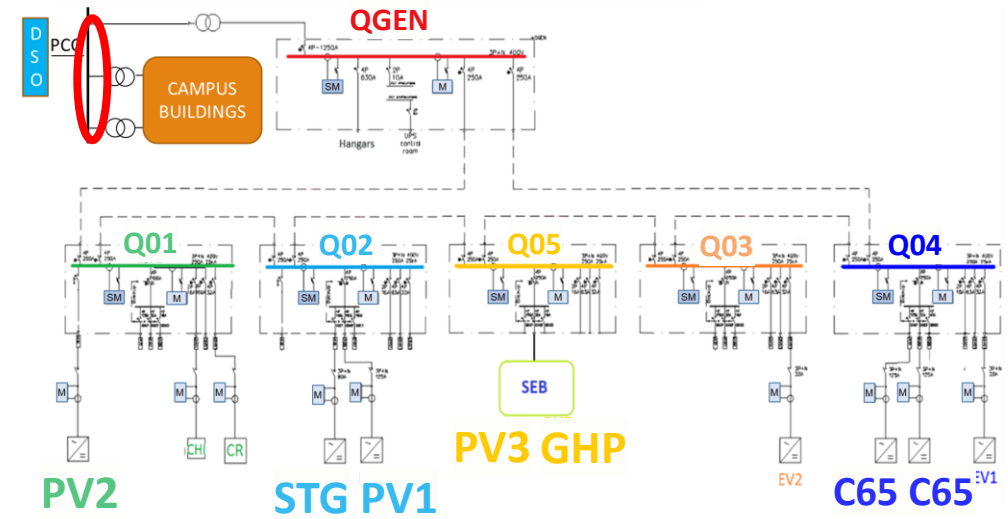
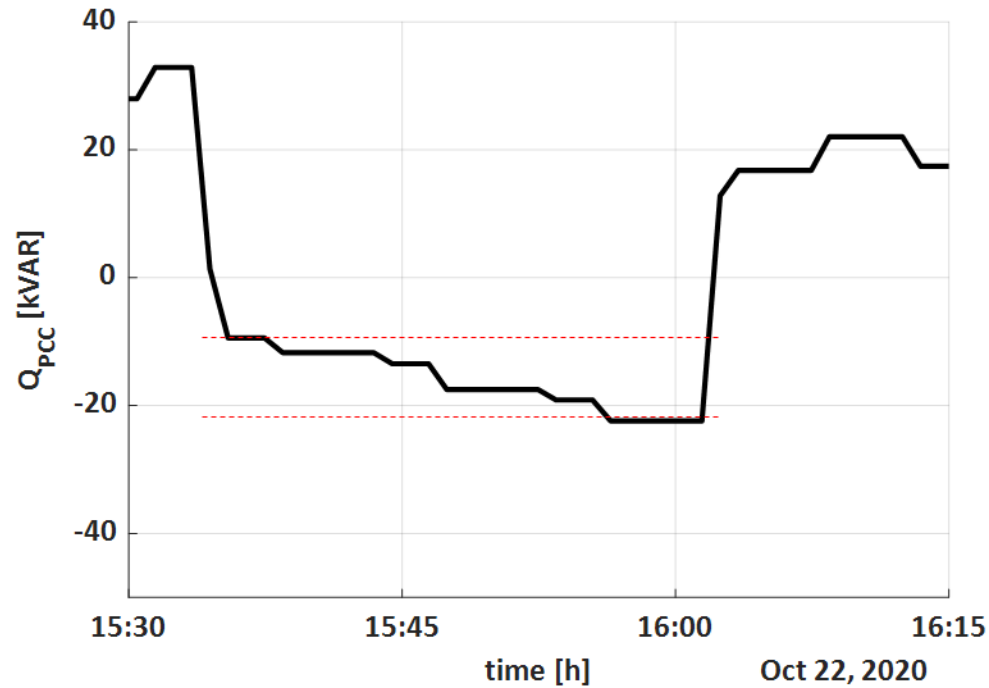
## PCC – Limiti su Potenza attiva e reattiva

- Limiti Massimo assorbimento Potenza attiva e reattiva specificati tra le 17.00 e le 17.30 ca
- per soddisfare le richieste:
  - Iniezione potenza attiva da STG
  - negato consenso accensione alla GHP del SEB
  - ➔ - generazione potenza reattiva da PV1
  - ➔ - generazione potenza reattiva da PV3



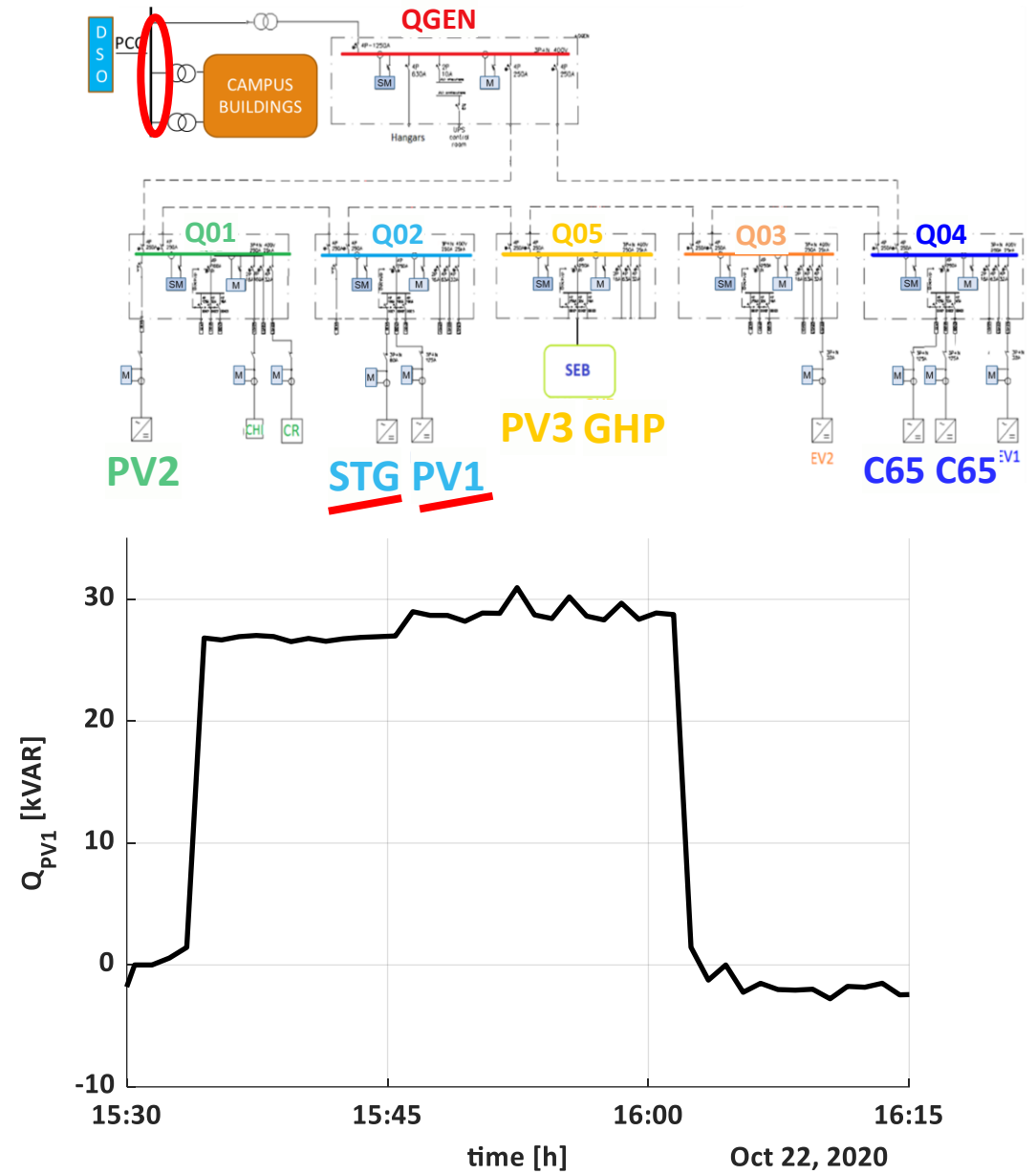
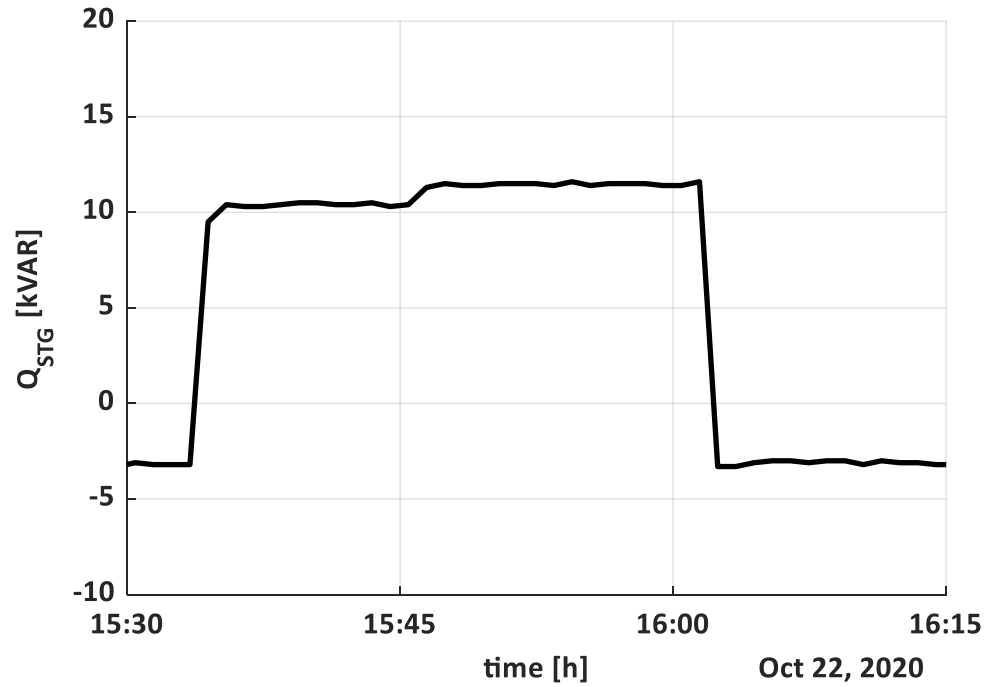
## PCC – Limiti Potenza reattiva al punto di consegna

- Limiti min e max sulla Potenza reattiva imposti fra le 15.30 e le 16.15 circa
- per soddisfare la richiesta:
  - generazione potenza reattiva da PV1
  - generazione potenza reattiva da STG



## PCC – Limiti Potenza reattiva al punto di consegna

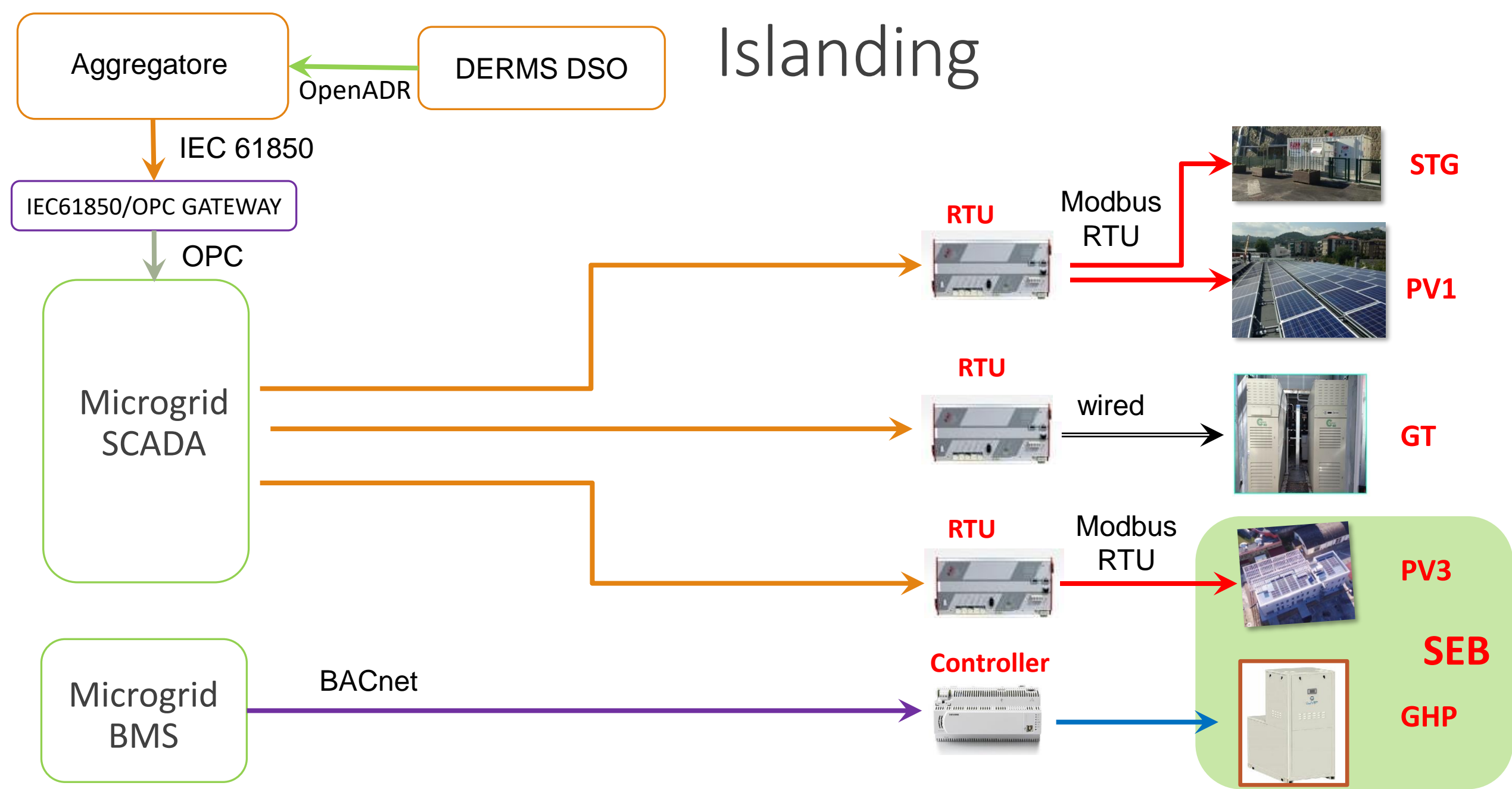
- Limiti min e max sulla Potenza reattiva imposti fra le 15.30 e le 16.15 circa
- per soddisfare la richiesta:
  - ➔ - generazione potenza reattiva da PV1
  - ➔ - generazione potenza reattiva da STG



# Fattori che hanno parzialmente influenzato negativamente le prove:

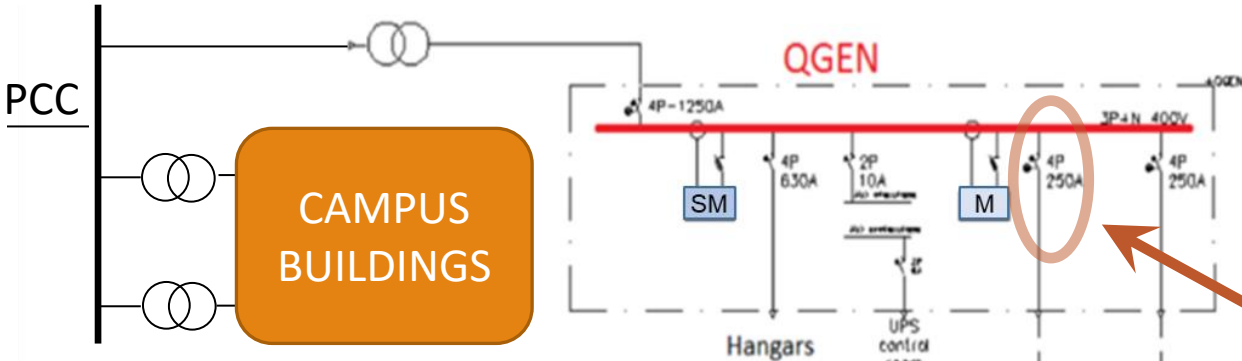
- l'affidabilità delle previsioni del carico del Campus è stata limitata da:
  - condizioni operative inusuali (limitata presenza, causa del COVID-19)
  - durante alcune delle prove, il carico degli Hangar variava tra pochi kW e un centinaio di kW a causa di test condotti in un laboratorio ospitato in uno degli Hangar
- poche persone presenti all'interno del SEB: il sistema di riscaldamento funzionava in modo limitato; come conseguenza, il funzionamento della pompa di calore era caratterizzato da frequenti accensioni e spegnimenti, quindi difficilmente prevedibile

# Islanding



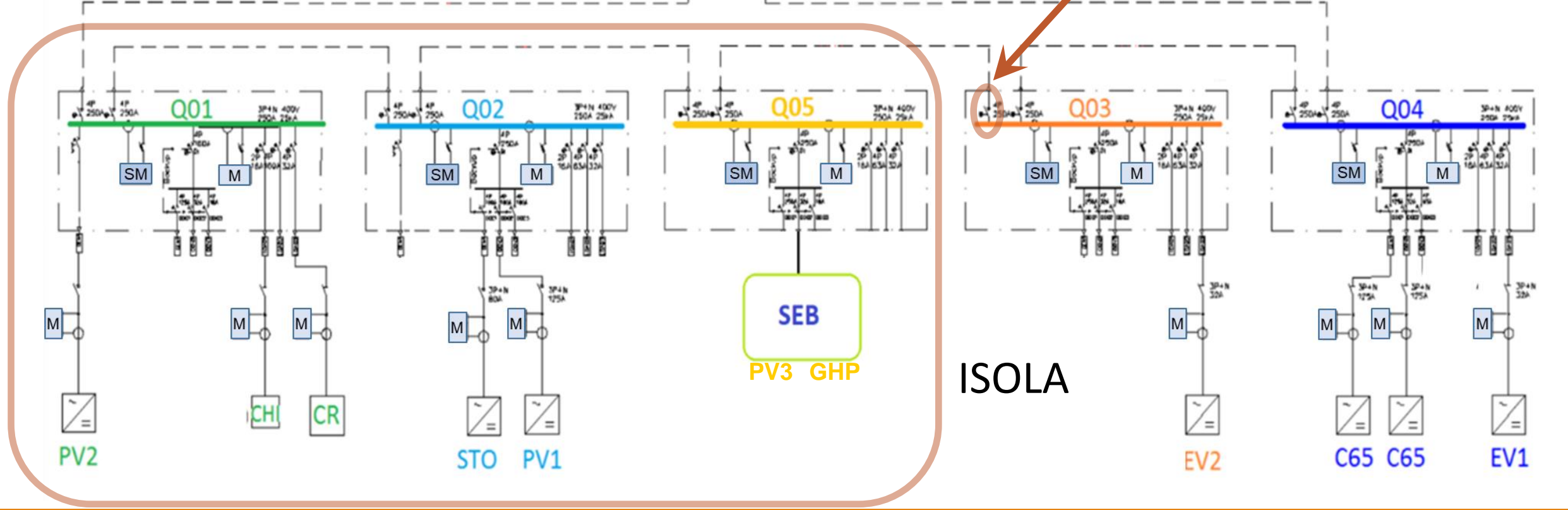


D  
S  
O



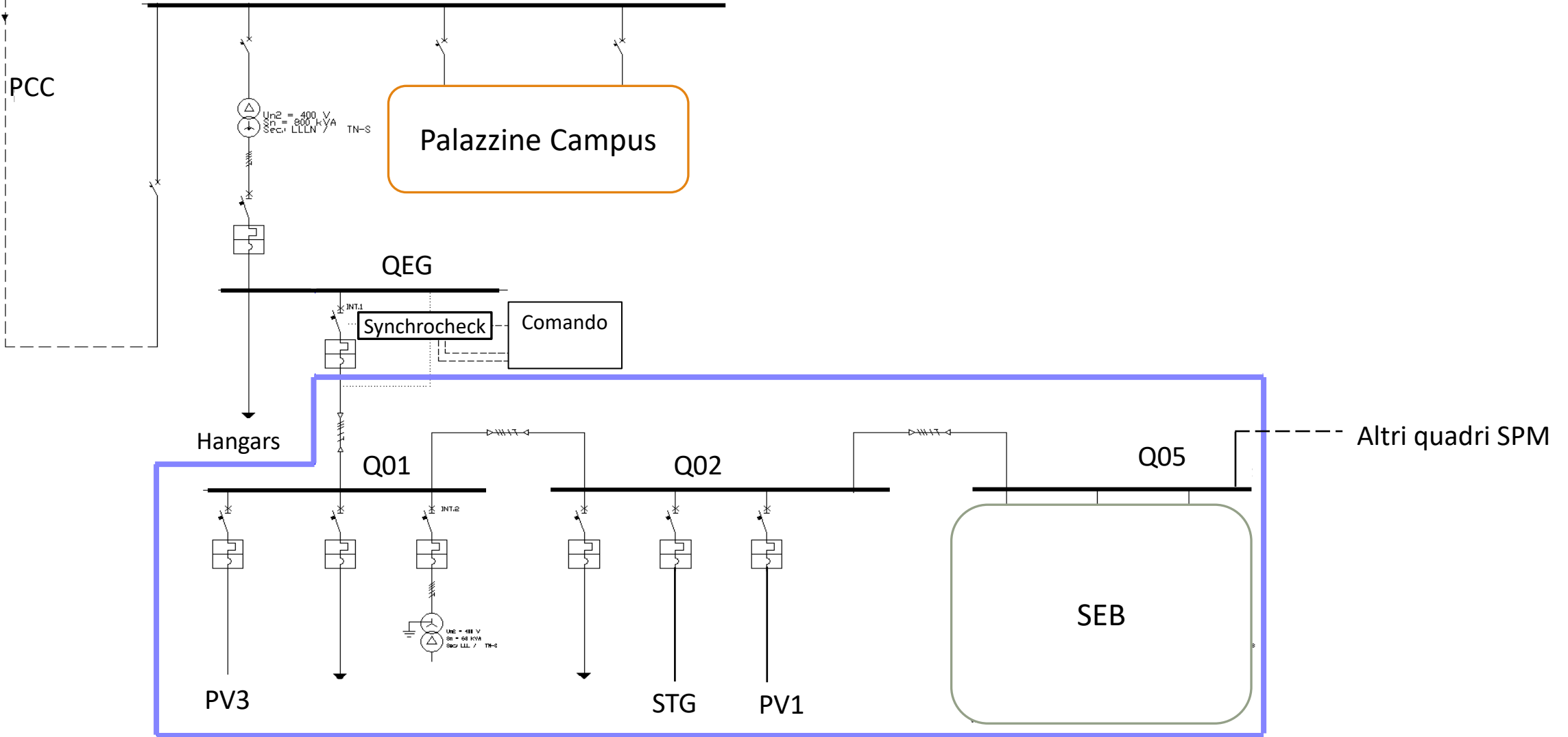
SYNCHROCHECK

INTERRUPTORE  
NORMALMENTE APERTO



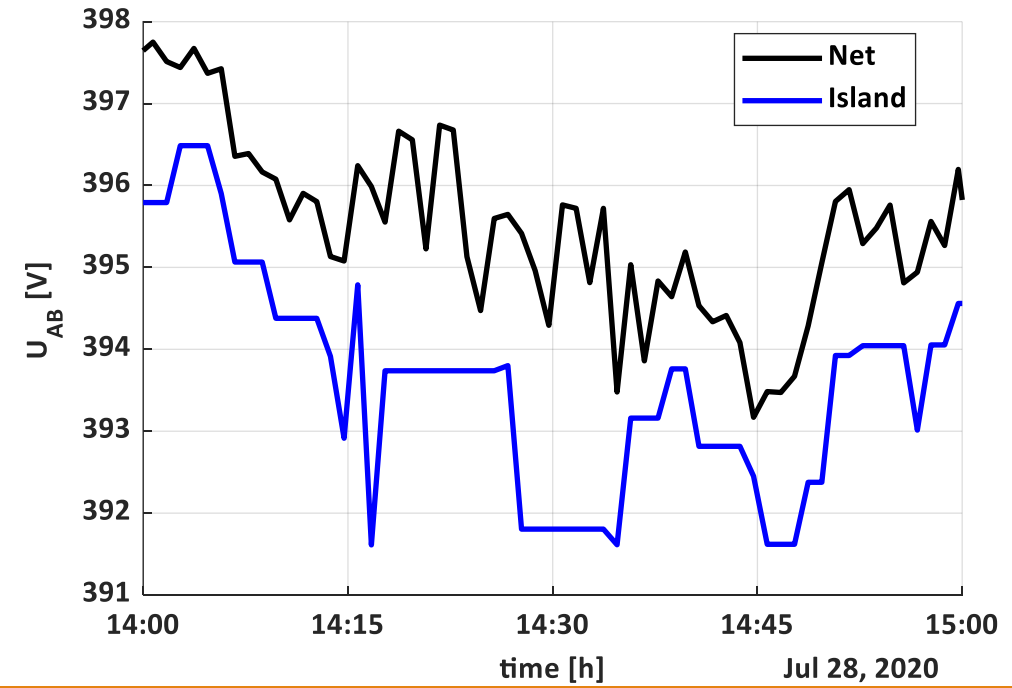
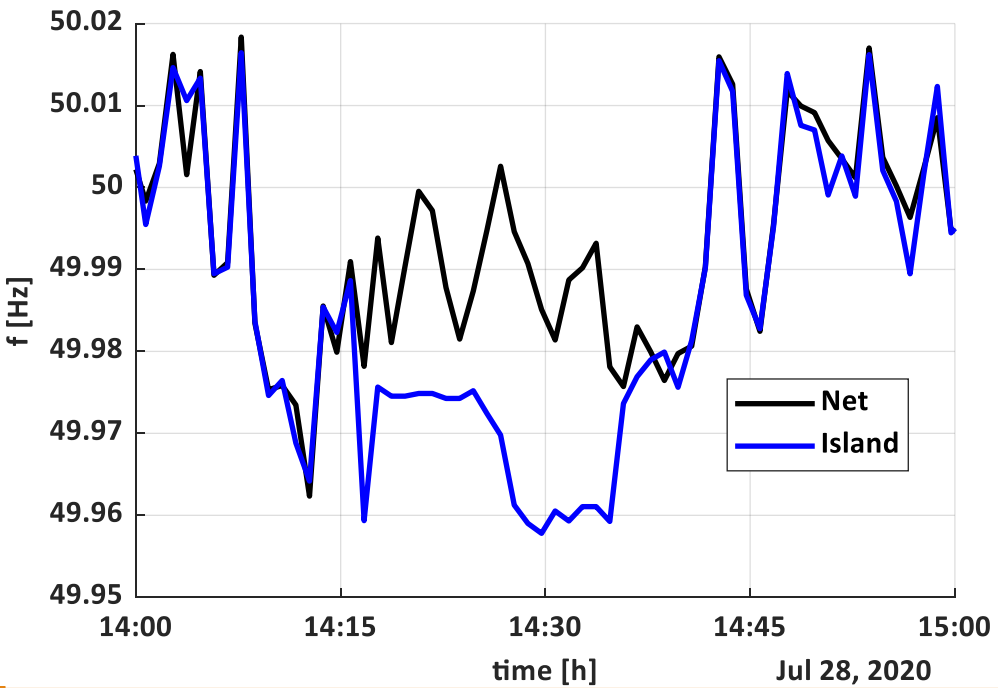
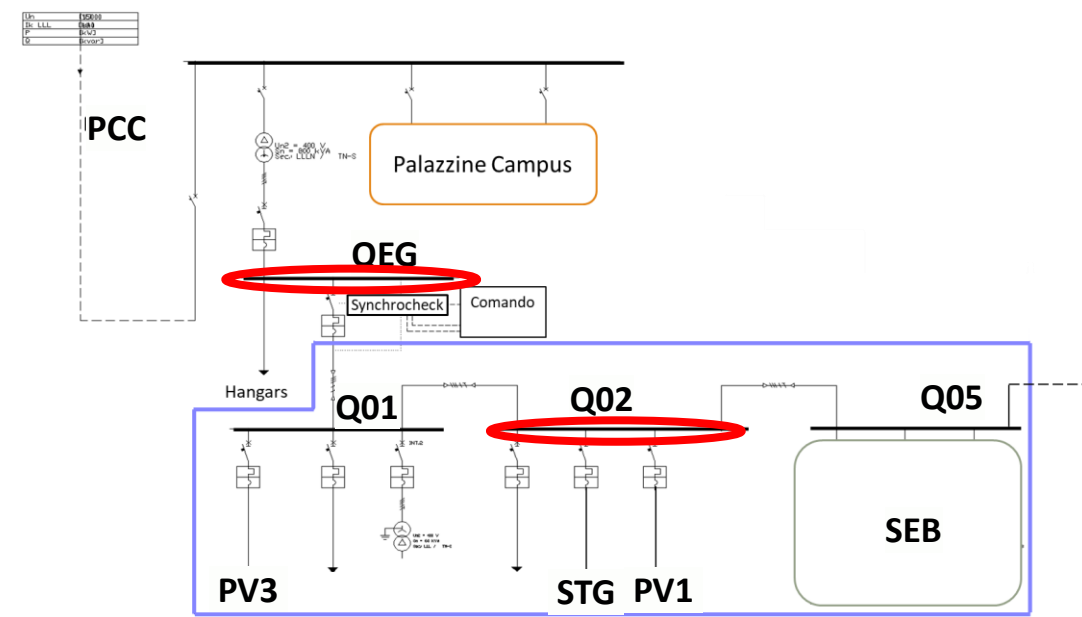
ISOLA

Un	[kV]
I <sub>k</sub> LLL	[kA]
P	[kW]
Q	[kvar]



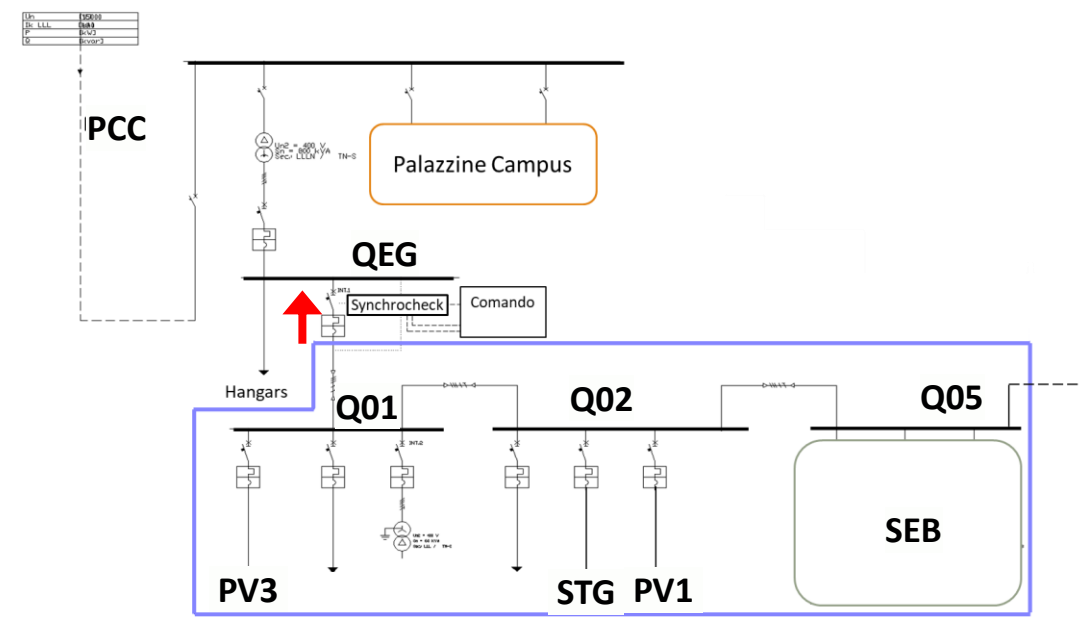
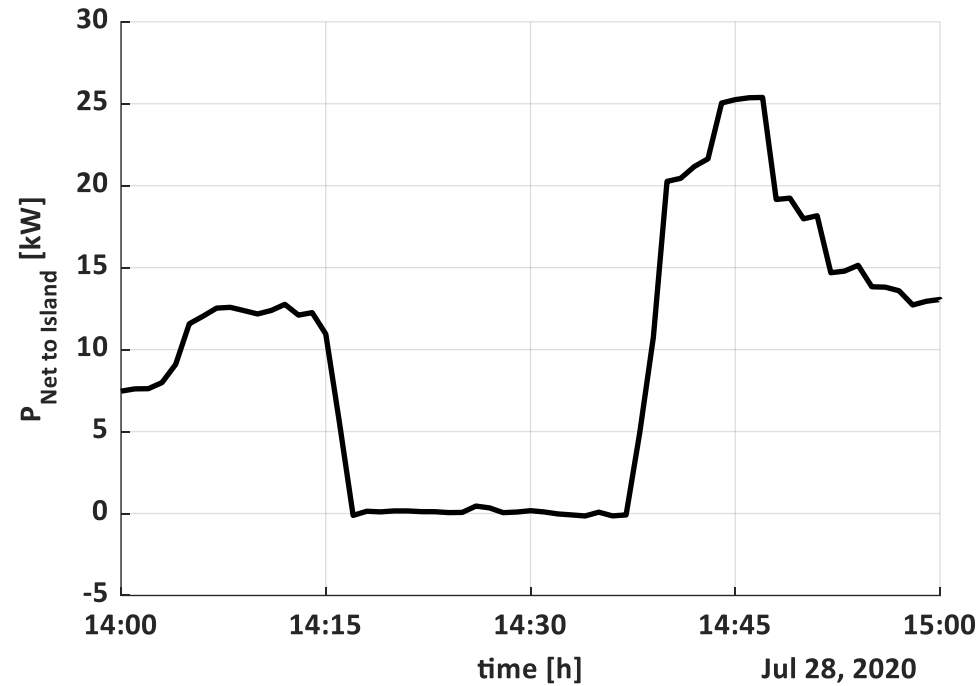
# Da on grid ad off grid e vice versa

- Richiesta di disconnessione alle 14.15 ca
- Riconnessione alle 14.45



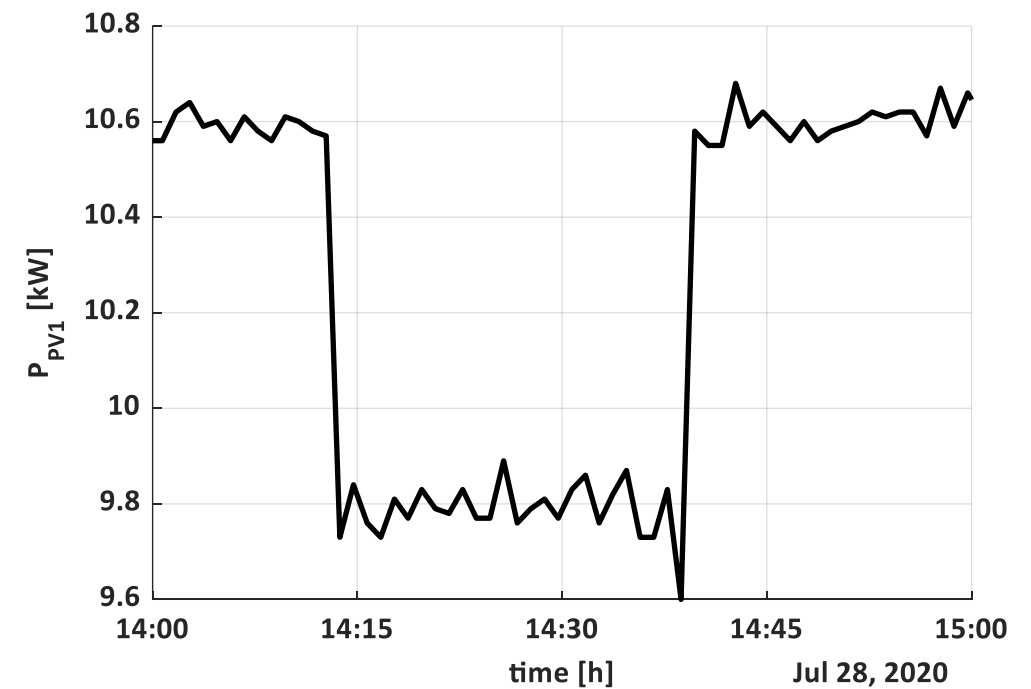
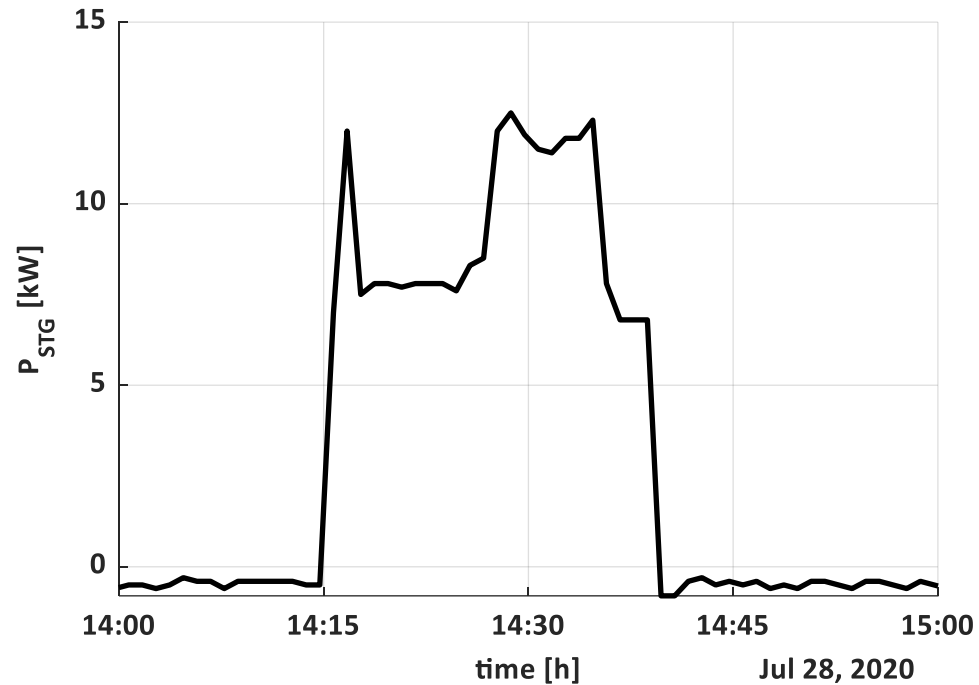
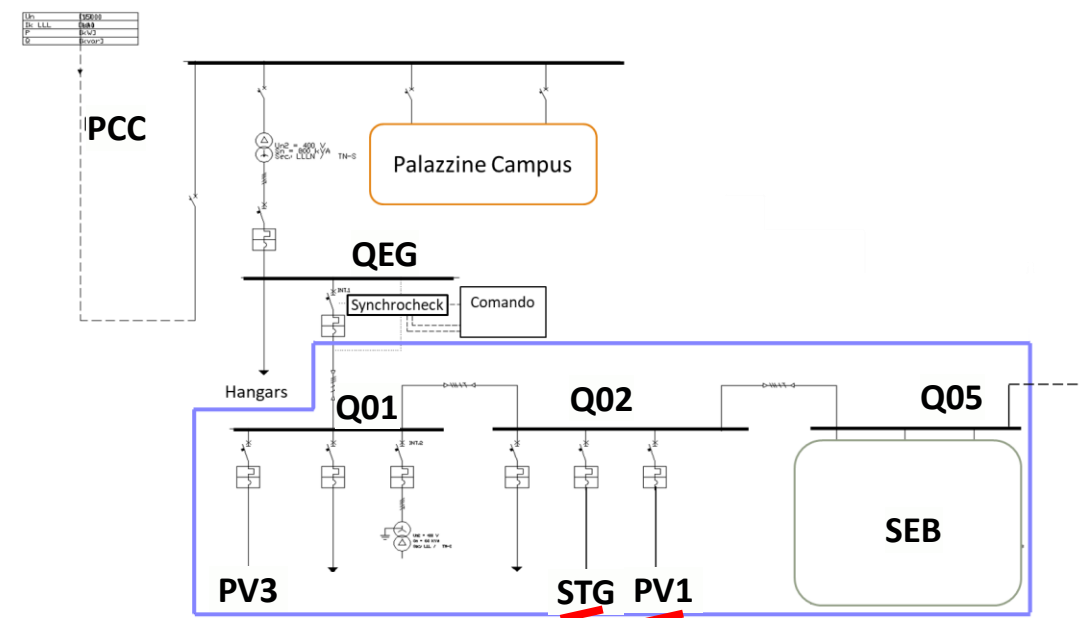
## Da on grid ad off grid e vice versa

- Richiesta di disconnessione alle 14.15 ca
- Riconnessione alle 14.45



## Da on-grid ad off-grid e vice versa

- Richiesta di disconnessione alle 14.15 ca
- Riconnessione alle 14.45



# Conclusioni

- lo scenario Multi – POC ha costituito una dimostrazione pratica della possibilità di sfruttare la flessibilità di una piccola porzione di rete BT
- nonostante le problematiche precedentemente citate, lo scenario Single – POC ha dimostrato le potenzialità della struttura di soddisfare le richieste degli Operatori, nonostante le sue dimensioni relativamente ridotte e la sua eterogeneità
- lo scenario isola, infine, ha evidenziato la fattibilità della richiesta di disconnessione di una piccola porzione di rete, equipaggiata con un sistema di accumulo con caratteristiche adeguate
- i test, soprattutto in condizioni così peculiari, hanno evidenziato la necessità di previsioni accurate al fine di stimare correttamente la flessibilità offerta dalle DER

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

---

[GIULIO.FERRO@EDU.UNIGE.IT](mailto:GIULIO.FERRO@EDU.UNIGE.IT) , [MICHELA.ROBBA@UNIGE.IT](mailto:MICHELA.ROBBA@UNIGE.IT)

[MANSUETO.ROSSI@UNIGE.IT](mailto:MANSUETO.ROSSI@UNIGE.IT)

